

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

P. COLIN

R. RAMBACH

A. VESSEREAU

R. CAVÉ

I. Les méthodes d'enseignement utilisées dans les stages organisés par le centre de formation

Revue de statistique appliquée, tome 2, n° 4 (1954), p. 29-35

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1954__2_4_29_0

© Société française de statistique, 1954, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « *Revue de statistique appliquée* » (<http://www.sfds.asso.fr/publicat/rsa.htm>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

I

LES MÉTHODES D'ENSEIGNEMENT UTILISÉES DANS LES STAGES ORGANISÉS PAR LE CENTRE DE FORMATION

Après l'exposé général de M. le professeur G. DARMOIS, MM. COLIN et RAMBACH, pour les stages du premier degré, MM. VESSEREAU et CAVÉ, pour les stages du second degré, présentent les méthodes d'enseignement utilisées par le Centre, ainsi que le matériel utilisé pour concrétiser les problèmes statistiques fondamentaux.

Deux expériences faites, l'une avec des billes de couleurs (représentant respectivement des pièces bonnes et des pièces défectueuses), l'autre avec des plaquettes de dimensions et de couleurs différentes (représentant les éléments d'un assemblage) permettent à l'auditoire de se rendre compte de l'intérêt de ces procédés concrets d'exposition.

Regrettant de ne pouvoir présenter à nos lecteurs des expériences qui ont vivement intéressé l'auditoire, nous donnons ci-après un résumé des exposés de MM. COLIN, RAMBACH, VESSEREAU et CAVÉ.

STAGE DU PREMIER DEGRÉ

par

R. RAMBACH

Ingénieur-Conseil

et

P. COLIN

Ingénieur à la Compagnie des Machines Bull

M. RAMBACH. — Lorsque je suis allé aux Etats-Unis, je suis parti avec des idées préconçues; comme tant d'autres, j'étais convaincu que le contrôle statistique était un calcul de mathématicien, s'appliquant à quelques grandes séries.

Mon séjour à l'Université de Columbia ne m'a pas complètement convaincu. C'est seulement après avoir fait plusieurs stages dans l'industrie que je suis devenu définitivement convaincu de la valeur du contrôle statistique.

M. le professeur DARMOIS vous a indiqué ce qu'était le stage de contrôle statistique du premier degré.

Notre rôle, à M. COLIN et à moi, sera de vous donner une idée générale sur notre façon de procéder au cours de ces stages.

Le point essentiel de ces derniers, pour le premier degré, est de donner un enseignement extrêmement concret, pouvant être assimilé par des gens n'ayant pas de culture mathématique. Il faut absolument éviter le préjugé que j'avais moi-même, selon lequel la science statistique est une chose abstraite, exceptionnelle, alors qu'il s'agit exactement du contraire.

Cet enseignement, tout en ne nécessitant pas de notions mathématiques, doit être d'un niveau suffisant.

Il doit supprimer tout risque d'hérésie trop grave chez ceux qui l'appliqueront. Ceux-ci doivent avoir compris, d'une part, comment les choses se rattachent à la réalité et, d'autre part, quel est l'esprit qui préside aux règles qu'ils vont avoir l'occasion d'appliquer.

Quelle que soit la base concrète de l'enseignement, il est nécessaire qu'au bout de peu de jours, nos auditeurs ne commettent pas d'erreurs. Ce n'est pas facile.

Personnellement, j'ai dû lutter à plusieurs reprises, dans des entreprises, contre de telles erreurs.

Cet enseignement concret est basé sur divers dispositifs.

Nous nous servons de pièces mécaniques, qui représentent la réalité. Ensuite — puisque nous ne pouvons pas tout faire sur des machines — nous avons à notre disposition toute une série de symboles concrets. Nous pouvons ainsi enseigner les principes mêmes sur lesquels les applications et les méthodes sont fondées.

Etant donné le temps qui nous est imparti, nous avons pensé que le mieux était de vous montrer quelques-uns de ces matériels et la façon dont nous nous en servons.

M. COLIN. — Je vais vous expliquer aussi brièvement que possible les méthodes expérimentales du stage du premier degré.

Ceux-ci ont subi une évolution. Au début, ils étaient plus théoriques qu'expérimentaux. Ils tendent de plus en plus à être expérimentaux. La pratique nous a appris que la partie expérimentale est intéressante, même lorsqu'il s'agit de personnes extrêmement averties des méthodes statistiques.

Après un certain nombre d'expériences, le statisticien commence à saisir ce qu'il croyait connaître, qui s'appelle en particulier « le grand nombre ».

Quand on commence les études statistiques, on s'imagine volontiers que le grand nombre commence à quelques dizaines de mille ou même davantage. A ce moment, on pense plutôt à l'infini qu'à un nombre fini.

En fait, dans la pratique industrielle, on s'aperçoit que le grand nombre commence à cinquante ou même à trente, quand il s'agit d'un contrôle par mesures.

Dans les entreprises, les ingénieurs et statisticiens n'ont évidemment pas le temps de faire une ou des expériences systématiques pour se rendre compte comment la théorie et la pratique sont d'accord.

Au cours du stage, on peut très bien s'en rendre compte et on peut même dire qu'un certain étonnement en résulte parfois.

Personnellement, je ne pensais pas qu'un tel enseignement serait aussi bon : la méthode expérimentale s'est montrée extrêmement intéressante.

D'autre part, à travers un certain nombre d'expériences, on peut explorer l'ensemble des applications d'une manière suffisante. Cela revient à dire que les personnes ayant assisté à ces stages peuvent rentrer dans leur entreprise avec une connaissance suffisante des idées fondamentales en vue des applications.

Je vais vous dire quelques mots des expériences qui sont faites durant la première journée : nous faisons appel à un matériel réel, c'est-à-dire à de petites pièces prises sur un stock. Ces pièces présentent un certain nombre de défauts. Bien entendu, nous les avons intentionnellement choisies au hasard parmi le stock.

Lorsqu'il s'agit du contrôle du diamètre, nous utilisons le passomètre, mais cet instrument est trop précis pour la précision même des pièces. On peut mettre en évidence un certain nombre de phénomènes, tenant compte à la fois de l'emploi d'un instrument trop précis et de pièces qui le sont peu. Ceux qui pratiquent des contrôles savent quelles peuvent être les conséquences, résultant de l'emploi d'un instrument trop précis sur des pièces qui ne le sont pas.

Le premier jour, l'expérience consiste à contrôler un certain nombre de pièces.

Les auditeurs sont divisés en un certain nombre de groupes entre lesquels des différences systématiques pourront être mises en évidence. Il s'agit là d'un premier contact avec des variations systématiques existant entre deux phénomènes ou deux conditions expérimentales différentes. A l'intérieur de chaque groupe, on peut mettre en évidence des pièces et des instruments présentant des variations *aléatoires*.

Il s'agit de deux notions statistiques qui sont introduites seulement en soulignant des faits ignorés, mais qui se produisent journellement au service de contrôle d'une entreprise.

Nous mettons également en évidence les permanences statistiques, les lois de répartition, les indices de centrage ou de dispersion propres à ces lois.

Etant donné que l'expérience du premier jour est assez longue, l'assimilation des notions nouvelles est également lente. Nous avons pensé qu'il fallait, le premier jour, avoir un rythme réduit, que cependant les auditeurs trouvaient encore un peu rapide.

Lorsque les auditeurs ont compris qu'il existait un lien entre les pièces et instruments de contrôle concrets, donc réels, et les notions statistiques auxquelles ils ont été initiés, et qu'ils ont compris l'impossibilité de poursuivre l'enseignement sur un matériel réel — ce qui serait trop long — on peut employer un matériel plus théorique, mais aussi plus rapide.

Nous vous ferons passer tout à l'heure un lot de billes de couleur, représentant un lot dans lequel se trouvent de bonnes et de mauvaises pièces, et un matériel d'assemblage.

Ce matériel théorique peut, comme je vous l'ai dit, arriver à donner d'une façon satisfaisante des notions importantes de statistique appliquée à la pratique industrielle.

Utilisant une urne contenant des billes de deux couleurs, représentant les unes des bonnes pièces, les autres des pièces défectueuses, M. COLIN fait réaliser par les auditeurs une expérience représentant ce qui peut se passer dans des contrôles aux calibres sur divers échantillons de pièces d'un même lot.

L'étude numérique des résultats obtenus dans vingt tirages de trente billes montre ce que peuvent être les résultats de tels jugements sur échantillons, leur accord avec la théorie et comment on peut en déduire la notion de courbe d'efficacité du contrôle.

Une grande expérience présentée par M. RAMBACH, à l'aide de plaquettes, permet de montrer comment la théorie de l'additivité des variables aléatoires peut s'appliquer aux tolérances relatives aux assemblages.

STAGE DU SECOND DEGRÉ

par

A. VESSEREAU

Ingénieur en Chef des Manufactures de l'État

et

R. CAVÉ

Ingénieur Militaire Principal de l'Armement

Comme vous venez de l'entendre, les stages du premier degré sont à base essentiellement expérimentale. Les permanences statistiques, les propriétés des échantillons sont en quelque sorte découvertes à partir d'observations ou de mesures faites sur des objets réels confiés aux stagiaires. Les modèles mathématiques ne sont indiqués que comme généralisation de constatations qui sont recueillies dans des domaines extrêmement divers.

Cette façon d'opérer est imposée par le niveau mathématique généralement assez peu élevé du stagiaire, celui-ci étant souvent chef d'atelier ou contremaître industriel.

En ce qui concerne les stages du second degré qui s'adressent à des ingénieurs de bonne formation scientifique, il convenait d'adapter des méthodes d'information assez différentes.

Je ne pourrai — et je le regrette — vous donner en conséquence une petite représentation comme l'ont fait MM. COLIN et RAMBACH.

Cependant, nous avons tenu à éviter le caractère abstrait qui est en général celui de l'enseignement dans les grandes écoles ou dans les universités.

Je dirai tout à l'heure comment nous pensons y être parvenus.

De juin 1953 à mai 1954, nous avons organisé trois sessions qui ont été suivies par 70 stagiaires.

Le nombre de 20 à 25 stagiaires par session paraît être une moyenne convenable. Des ingénieurs de formations diverses, appartenant à des industries diverses, peuvent y participer.

Ces stagiaires peuvent ainsi avoir entre eux, ainsi qu'avec leurs moniteurs et professeurs, des contacts étroits que ne permettrait pas un nombre trop élevé d'assistants.

Parmi les stagiaires ayant suivi ces trois sessions, nous avons relevé des anciens élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures, de l'École Polytechnique, de l'École des Mines, d'autres écoles techniques, ainsi qu'un nombre assez important de licenciés en mathématiques ou physique.

Les industries qui nous ont envoyé des stagiaires sont très diverses :

Sidérurgie, fonderie, soudure, dans leur ensemble.....	26
Mécanique, automobile	8
Electricité	9
Chimie (caoutchouc, pétrole, verre, papier).....	10
Défense nationale (armement, poudres)	8
Organisation et productivité	3
Divers (textile, alimentation)	6

Les stages sont de trois semaines et comprennent une centaine d'heures de cours ou travaux pratiques. Les cours ne sont pas confiés à un professeur unique, mais à un groupe de sept professeurs ou moniteurs.

Cette organisation n'est pas sans présenter certaines difficultés pour la coordination générale des enseignements donnés par les différents professeurs. Nous croyons avoir surmonté ces difficultés de coordination.

Par contre, en regard de ces petits inconvénients, se présentent des avantages considérables :

Les différents chapitres de l'enseignement sont confiés aux personnes particulièrement qualifiées pour les traiter. Il est plutôt utile que nuisible qu'une même question soit abordée par plusieurs professeurs à l'occasion de plusieurs enseignements.

Cela permet aux stagiaires de voir ces questions sous des aspects légèrement différents.

Nous avons tenu à ce que les cours soient faits par des ingénieurs ayant eux-mêmes appliqué les techniques statistiques dans leur propre spécialité.

Ils appartiennent, soit aux grands corps techniques de l'Etat, soit à des entreprises ou firmes importantes et nous n'aurions pu imposer à un seul d'entre eux la tâche continue d'assumer trois semaines de cours plusieurs fois par an.

Quelques mots sur les grandes divisions de cet enseignement du deuxième degré.

Les notions de calcul des probabilités et de statistique mathématique comprennent environ 28 heures. Les problèmes d'estimation et les tests statistiques qui suivent, tendant un peu plus vers l'application, comportent douze heures d'enseignement; l'étude des dépendances ou des liaisons entre caractères, c'est-à-dire l'étude des régressions et corrélations, porte sur 17 heures d'enseignement.

En ce qui concerne les problèmes plus particuliers d'application, nous arrivons au contrôle en cours de fabrication : 8 heures; contrôle à la réception : 8 heures; plans expérimentaux : 9 heures. 8 à 9 heures sont également nécessaires à des questions diverses qui peuvent varier d'une session à l'autre.

On peut remarquer que ce total de 90 heures est sans doute insuffisant pour couvrir à la fois les aspects théoriques et toutes les applications industrielles de la statistique.

On peut remarquer aussi que le blocage de ces 90 heures dans une courte période de trois semaines impose aux stagiaires un effort d'attention considérable.

Ces inconvénients sont bien apparus aux organisateurs et ils se révèlent également dans le déroulement de chaque session.

Cependant, ils ne sont pas très graves.

Trois semaines, c'est à peu près le temps maximum que peuvent consentir la plupart des entreprises pour se séparer d'un ingénieur qualifié ayant déjà des responsabilités importantes dans l'affaire, mais les stagiaires qui sont en général jeunes, donc assez proches de leurs études supérieures, qui sont, d'autre part, volontaires pour suivre ces enseignements, se sont toujours révélés aptes à l'effort qui leur était demandé et on a pu constater qu'ils assimilaient de façon très satisfaisante les données, même les plus difficiles.

D'autre part, les stages de trois semaines n'ont pas la prétention de subvenir à tout. Pour les compléter, les prolonger, les élargir, on a pris les mesures suivantes : plusieurs semaines avant le début de chaque session, les stagiaires reçoivent communication des textes qui résument les leçons de calcul des probabilités et de statistique théorique. Ils arrivent donc à la session un peu initiés à ces questions. Toutes les leçons sont rédigées, au moins dans leur partie essentielle, et les textes sont remis aux élèves en cours de stage. Ils ont donc la possibilité de continuer à travailler par eux-mêmes lorsqu'ils regagnent leur entreprise.

Enfin, les stagiaires sont vivement invités à rester en contact étroit avec le Centre, à poser des questions, à soumettre les difficultés rencontrées par la suite, soit dans la compréhension même des méthodes, soit dans les applications qu'ils sont amenés à entreprendre.

Le stage du deuxième degré n'est pas à base expérimentale, mais il repousse tout développement théorique étudié en tant que tel. La théorie n'est intéressante pour des

ingénieurs que dans la mesure où elle fait mieux comprendre les applications parmi des généralisations et ouvre la voie à des méthodes ou recherches nouvelles. D'autre part, les stagiaires ne doivent pas recevoir passivement un enseignement tout préparé, mais ils doivent participer activement eux-mêmes à leur propre formation.

Voyons, avec quelques exemples, comment ces principes trouvent leur application.

Dans les théories générales, c'est-à-dire probabilité, statistique, mathématique, ainsi que dans les domaines particuliers qui aboutissent directement aux applications, études des corrélations..., les démonstrations complètes ne sont qu'exceptionnellement données. Les démonstrations sont, soit simplement esquissées en faisant appel beaucoup plus à l'intuition qu'à la rigueur, soit même entièrement supprimées. Mais la pleine lumière est toujours jetée sur le principe des hypothèses, la signification exacte des conclusions et leur domaine de validité.

La participation des stagiaires à leur propre formation revêt différentes formes.

Les exposés relatifs au calcul des probabilités ou aux notions fondamentales de statistique mathématique sont coupés de petits exercices que les stagiaires doivent traiter eux-mêmes pendant les cours aussi rapidement que possible. A l'occasion de ces problèmes, on s'assure que les idées et résultats essentiels ont été saisis et les erreurs de compréhension sont rapidement rectifiées.

Voici quelques exemples :

Est-il probable que, dans l'auditoire, deux personnes aient le même anniversaire ?
Quelle est la probabilité que six personnes aient des mois de naissance tous différents ?

Un petit problème relatif aux lois de probabilité : une machine fabrique des pièces avec 10 % de pièces défectueuses. On prélève ces pièces les unes à la suite des autres jusqu'à ce que l'on obtienne la première pièce mauvaise. Quelle est la valeur moyenne du nombre de prélèvements nécessaires ?

Une centrale téléphonique reçoit 2.000 appels à l'heure. Quelle est la probabilité d'avoir plus de cinq appels en cinq secondes ?

Je passe au chapitre de l'enseignement qui porte sur les applications purement industrielles, c'est-à-dire les liaisons entre caractères, les contrôles en cours de fabrication ou à la réception, les plans d'expériences. Il faut procéder d'une autre façon.

Des exemples concrets réels sont entièrement traités dans les feuilles distribuées aux stagiaires. Cela permet, pendant le cours, de montrer très rapidement la manière la plus efficace de résoudre les difficultés des calculs.

D'autres problèmes sont posés se rapportant toujours à des cas réels et les stagiaires exécutent eux-mêmes les calculs; une part importante du temps est réservée à la discussion des conclusions, c'est-à-dire à l'étude du sens et de la généralité des réponses données par les tests statistiques.

Je terminerai cet exposé en disant que nous sommes satisfaits des progrès accomplis. Il faut en réaliser d'autres pour adapter parfaitement les moyens, c'est-à-dire l'organisation, les méthodes de l'enseignement aux buts que nous nous proposons : formation de cadres largement informés des multiples possibilités d'application de la statistique dans le domaine industriel.

Dès maintenant, d'après notre expérience de trois sessions, nous sommes persuadés d'être dans la bonne voie et d'avoir déjà accompli un travail utile. Il faut dire également que c'est grâce à l'existence de ces cadres bien formés que la section des applications pourra travailler de façon pleinement efficace au profit des industries.

Faisant suite à l'exposé de M. VESSEREAU, M. CAVÉ donne quelques indications précises sur les techniques étudiées au cours du stage : carte de contrôle, contrôle qualitatif et contrôle quantitatif, contrôles simple, double et multiple, tests de comparaison, analyse de variance, corrélation, plans d'expérimentation conçus en vue de leur interprétation statistique.

M. CAVÉ insiste sur la part importante donnée aux discussions de cas concrets, discussions qui complètent de manière efficace l'enseignement magistral.